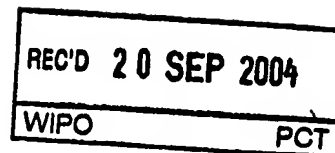


Helsinki 9.8.2004

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

KCI Konecranes Oy
Hyvinkää

Patenttihakemus nro
Patent application no

20031087

Tekemispäivä
Filing date

17.07.2003

Kansainvälinen luokka
International class

B66C

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Menetelmä nosturin ohjaamiseksi"

PRIORITY DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.

Marketta Tehikoski
Apulaistarkastaja

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

Telefax: 09 6939 5328
Telefax: + 358 9 6939 5328

Menetelmä nosturin ohjaamiseksi

Keksinnön tausta

Keksintö koskee menetelmää nosturin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä nosturin ohjausjärjestelmästä annetaan nosturin käyttölaitteille nopeuspyyntöjä ohjaussekvensseinä ja nopeuspyynnöt luetaan ja talletetaan ohjausjärjestelmään, jolloin kutakin nopeuspyyntöä verrataan edelliseen nopeuspyyntöön ja nopeuspyynnön ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyssekvenssi vastaavalle nopeuden muutokselle, minkä jälkeen nopeuspyynnön muuttumisesta riippumatta summataan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa aikaisempaan nopeuspyyntöön uuden nopeuspyynnön aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin käyttölaitteille uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynnöksi, ja jolloin summattujen kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kunkin sekvenssin määrityshetkellä kullakin ohjelmakierroksella eli säätövälillä (näytevälillä) ja loput osat viivästettynä.

Edellä kuvattu menetelmä tunnetaan FI-patentista 89155. Tällä menetelmällä estetään tehokkaasti nosturiin kiinnitetyn taakan epätoivottu, nosturin käyttöä ja toimivuutta häiritsevä heilunta nosturia ohjattaessa ja taakkaa siirrettäessä. Siinä nosturin ohjausjärjestelmän ominaisuuksia parannetaan summaamalla tietyllä tavalla yhteen erilaisia taakan kiihdytyksen jälkeisen heilunnan poistavia ohjaussekvenssejä. Tätä menetelmää käytettäessä voidaan kiihdytyksen tavoitteena olevia loppunopeuksia muuttaa satunnaisesti milloin tahansa, myös varsinaisten nopeudenmuutossekvenssien aikana, jolloin uusi haluttu loppunopeus saavutetaan ilman epätoivottua taakan heiluntaa.

Tyypillisesti tunnetussa tekniikassa taakan heilunnan estävä ohjaus muodostuu kahdesta kiihdytyssekvenssistä, joiden välinen aikaero on puolet taakan heilahdusajasta. Toinen helposti määriteltävä ohjaus on käyttää kolmea samansuuruista, mutta suunnaltaan vaihtelevaa kiihdytyssekvenssiä, joista ensimmäinen on positiivinen, toinen negatiivinen ja kolmas taas positiivinen, siten että sekvenssien suorituksen välinen aika on kuudesosa taakan heilahdusajasta. FI-patentin 89155 mukaisessa menetelmässä nämä itsessään taakan heilunnan estävät ohjaussekvenssit voivat olla erilaisia ja niitä voidaan määrittää rajaton määrä. Oleellista on, että kun niiden määräämät kiihdytykset summataan yhteen, saadaan tuloksena ohjaus, joka estää heilunnan synnyn. Kun kiihdytysten summa valitaan niin, että se toteuttaa halutun nopeudenmuu-

toksen, saadaan tuloksena ohjaus, joka tuottaa nosturin halutun loppunopeuden ilman taakan heiluntaa.

US-patentissa 5 526 946 esitetään samasta aiheesta sovellus, jossa aina nopeuden ohjearvon muuttuessa suoritetaan siitä puolet, ja toinen puoli talletetaan taulukkoon, jossa sen suoritusta viivästetään puolet taakan heilahdusajasta. Tämä FI-patentin 89155 mukaisen menetelmän eräs tietokone-laskennassa edullinen sovellutusmuoto.

Kun uusi heilunnan estävä ohjaus lasketaan jokaisella ohjelmakierroksella eli säätöväliä ja toisaalta taulukoihin talletetut ohjaukset päivitetään ja niistä muodostunut ohjaus lasketaan myös jokaisella ohjelmakierroksella, aiheutuu laskennallisia ongelmia. Kun laskentaa nopeutetaan, taulukoiden koko kasvaa ja jokaisella ohjelmakierroksella tarvittavan laskennan määrä kasvaa, koska taulukon koko määräytyy heilahdusajan ja säätövälin välisestä suhteesta. Kun siis säätöväliä lyhennetään esimerkiksi 100 millisekunnista 10 millisekuntiin, laskennan määrä kymmenkertaistuu. Taakan heilurivarren kasvaessa, kasvaa talletettavien alkioden määrä edelleen. Säätövälin lyhentäminen on taas perusteltua siksi, että se lyhentää järjestelmän reagoitaviivettä ja näin parantaa nosturin kuljettajan ajotuntumaa.

Sähkökäytöt, joita käytetään nosturin siirtomoottoreiden nopeuden ohjaukseen, ovat mikroprosessoriohjattuja ja niiden ohjelman kiertoaika on lyhyt, 2 - 5 millisekuntia. Teknisen toteutuksen kannalta on edullista laskea myös heilunnan estävä nopeusohje samalla aikatasolla. Kuten edellä esitetystä nähdään, kasvaa tarvittavan muistikapasiteetin ja laskennan määrä nopeasti säätövälin lyhentyessä, Joissain tapauksissa tämä vaikeuttaa heilunnan eston laskennan käyttöä esimerkiksi siirtomoottorien pyörintänopeutta ohjaavien sähkökäyttöjen yhteydessä.

Keksinnön yhteenveto

Esillä olevan keksinnön tarkoituksena on näiden epäkohtien poistaminen. Tähän päämäärään päästään keksinnön mukaisella menetelmällä, jolle on tunnusomaista, että talletetut, viivästettynä suoritettavat sekvenssin osat luetaan ja lasketaan yhteen useammalla ohjelmakierroksella, edullisesti mainittua säätöväliä moninkertaisesti pidemmällä aikavälillä.

Edullisesti talletettujen, viivästettynä suoritettavien sekvenssin osien luenta- ja yhteenlaskentaväli on ainakin noin 10 kertaa pidempi kuin näyteväli. Vaikka ohjauksien laskenta lyhyellä säätöväliä onkin järjestelmän vasteajan kannalta edullista, on taakan heilunta niin hidasta, että käytännössä riittävän

tarkka heilunnan ohjaus saavutetaan noin 100 millisekunnin säätöväliä käyttäen. Keksinnön mukaisessa menetelmässä käytetään hyväksi menetelmää laskea taakan heilunnan estävä ohjaus yhdistämällä heilunnan estäviä ohjauksia FI-patentissa 89155 esitetyllä tavalla, mutta siten, että mitattua kuljettajan nopeusohjeen muutosta vastaavan sekvenssin ensimmäinen osa suoritetaan aina heti, esimerkiksi jokaisella 5 millisekunnin näytevälillä, mutta taulukoidut, viivästettynä suoritettavat sekvenssin osat lasketaan pidemmällä aikavälillä, esimerkiksi 100 millisekunnin välein.

Keksinnön mukaisella menetelmällä vähennetään siis huomattavasti taakan heilunnan vaimentamisen suhteen tarpeetonta laskentaa, vaikka itse nosturin ohjausta samalla huomattavasti parannetaan. Näin vältetään ohjausjärjestelmän laskentayksikön laskentanopeuteen ja muistikapasiteettiin liittyvät ongelmat.

Kuvioluettelo

Keksintöä selostetaan nyt lähemmin viitaten oheisiin piirroksiin, joissa

kuvio 1 esittää erästä nosturia kaavamaisesti;

kuvio 2 esittää ohjaussekvenssinä toimivaa nopeussekvenssiä; ja

kuvio 3 esittää nosturin ohjauksen vuokaaviota.

20 Keksinnön yksityiskohtainen selostus

Keksinnön mukaista menetelmää havainnollistetaan tässä kuvion 1 esittämän yksinkertaisen siltanosturin 1 yhteydessä, vaikka kyseessä voi olla mikä tahansa muu nosturi, jossa nostettava taakka pääsee heilahtelemaan.

Kuvion 1 mukaisen siltanosturin 1 nostovaunu 2 on sovitettu liikuttavaksi siltapalkkia 3 pitkin, joka puolestaan on siirrettävissä siltapalkin 3 pätyihin järjestettyjä päätypalkkeja 4 ja 5 pitkin kohtisuorasti nostovaunun 2 liikkeen suhteen. Nostovaunuun 2 on ripustettu nostoköysi 6, jonka päässä sijaitsee nostoelin 7, tässä tapauksessa nostokoukku. Nostokoukkuun 7 on sitten nostoliinojen 7a avulla kiinnitetty nostettava taakka 8. Jokaista taakan 8 vaihtelevaa nostokorkeutta l_i ($i = 1, 2, \dots$) vastaa kullekin nostokorkeudelle l_i ominainen heilahdusaika T , jolloin taakan 8 heilahdusaika saadaan kaavasta:

$$T = 2\pi (l_i/g)^{1/2}, \text{ missä } g = \text{maan vetovoiman kiihtyvyys.}$$

Nosturia 1 ohjataan nosturin ohjausjärjestelmästä 9 erilaisilla ohjaussekvensseillä 10, joista eräs yksinkertainen esimerkki on esitetty kuviossa 2. Kuviossa 2 esiintyvä ohjaussekvenssi 10 on nopeusvektori $v(t)$, joka on esitetty ajan t funktiona. Ohjaussekvenssi 10 kohdistetaan ohjaamaan nostovaunun 2
 5 käyttölaitetta 11 tai nostovaunua 2 kannattavan siltapalkin 3 käyttölaitetta 12. Käyttölaitteina ovat tyypillisesti sähkömoottorikäytöt taajuusmuuttajineen.

Kuviossa 3 on esitetty vuokaavio, joka kuvaa keksinnön lähtökohtana olevaa menetelmää nosturin ohjaamiseksi. Nosturin 1 käyttäjä antaa ohjausjärjestelmästä 9 nosturin 1 käyttölaitteille 11, 12 nopeuspyyntöjä V_{ref} ohjaus-
 10 sekvensseinä 10. Nopeuspyynnöt V_{ref} luetaan ja talletetaan ohjausjärjestelmään 9, minkä jälkeen kutakin nopeuspyyntöä V_{ref} verrataan edelliseen nopeuspyyntöön ja nopeuspyynnön V_{ref} ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyssekvenssi (joko + tai -merkkinen) vastaavalle nopeuden muutokselle, minkä jälkeen nopeuspyynnön V_{ref} muuttumisesta riippumatta summa-
 15 taan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa dV aikaisempaan nopeuspyyntöön V_{ref} uuden nopeuspyynnön V_{ref2} aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin käyttölaitteille uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynnöksi V_{ref2} . Summattujen kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kun-
 20 kin sekvenssin määrittämisellä ja loput osat viivästettynä. Tätä edellä kuvattua menetelmää on selostettu tarkemmin FI-patentissa 89155, joten sen yksityiskohtia, kuten sinänsä tunnettua nopeus- tai kiihdytyssekvenssien summaamista ei ryhdytä sen tarkemmin selostamaan, vaan viitataan mm. edellä mainittuun patenttiin.

25 Toteutuksen kannalta edullisessa keksinnön sovellutuksessa kuljettajan antamaa nopeuden tavoitearvoa V_{ref} luetaan 5 ms säätöväliä ja muistissa olevia nopeusohjeita luetaan 100 ms aikatasolla eli 20 kertaa hitaammin edelliseen verrattuna. Aina nopeuden tavoitearvon V_{ref} muuttuessa muodostetaan vastaavan nopeuden muutoksen toteuttava taakan heilunnan synnyn es-
 30 tävä nopeussekvenssi ja suoritetaan sen ensimmäinen osa. Toiset osat laske-
 taan yhteen 20 ohjelmakierroksen ajalta ja talletetaan yhtenä, 20 ohjelmakierroksen eli 100 ms aikana tapahtuneita nopeuden muutoksia vastaavana heilunnan estävän nopeussekvenssin osina taulukkoon. Vastaavasti kyseiset taulukot käydään läpi kerran 100 ms eli kahdenkymmenen 5 ms aikana. Ohjausta
 35 voidaan keksinnön teknisesti edullisessa toteutustavassa parantaa jakamalla tämä esimerkissä 100 ms välein laskettu nopeuden muutos esimerkin mukai-

sella 5 ms säätöväliä jakamalla se 20 osaan, joista kukin lisätään nopeusohjeeseen seuraavien kahdenkymmenen 5 ms säätövälin aikana.

Edullisesti nopeuden oloarvon muutosta rajoitetaan siten, että muutos edelliseen muutokseen verrattuna ei voi olla suurempi kuin sellainen käytetyllä säätöväliä laskettava nopeuden muutos, joka ei ylitä asetettua kiihtyvyyden tai hidastuvuuden maksimiarvoa. Teknisesti edullisessa toteutustavassa nämä raja-arvot ovat laskennan kuluessa vapaasti muutettavia. Edelleen sanottu nopeuden oloarvon muutos voidaan rajoittaa siten, että mikäli taulukoista laskettu, viivästettynä suoritettava heilunnan estävien ohjeiden osa yhdessä uuden sekvenssin ensimmäisen osan kanssa ylittäisi edellä määritellyn nopeuden muutoksen, muokataan uutta ohjausta siten, että säätöväliä toteutuva ohjaus ei ylitä asetettuja rajoituksia.

Jos taulukoista laskettu, viivästettynä suoritettava nopeusohjeen muutos suoritettuna yksin tai kuljettajan nopeuspyynnön perusteella laskettavan nopeussekvenssin ensimmäisen osan kanssa veisi yli asetetun suurimman liikenopeuden, keksinnön teknisesti edullisessa soveltamismuodossa uutta nopeussekvenssiä korjataan siten, että nopeuden ylitys ei toteudu.

Edelleen keksinnön eräässä teknisesti edullisessa toteutustavassa uutta sekvenssiä muodostettaessa voidaan sen suuruutta muuttaa, mikäli nosturin siirtokäyttöjen kuormitus on kasvanut niin suureksi, että tarvittavaa voimaa pyydetyn nopeuden muutoksen suorittamiseen ei voida tuottaa. Näin voidaan nopeusohjetta muokata estäen ylikuormitus, mutta samalla säilyttää taakan heilahduksen synnyn estävän ohjauksen teho.

Eräässä keksinnön edullisessa toteutustavassa taulukot, joihin edellisten ohjaussekvenssien viivästetyt osat on talletettu, käydään lävitse siten, että jos käytetty säätöväli on D ja talletettujen sekvenssien pidempi käsittelyväli on $n \cdot D$ ja taulukoiden koko L , käydään taulukoista osa lävitse joinakin tai kaikkina nopean säätövälin jaksoina siten, että aina kokonaisen käsittelyvälin $n \cdot D$ aikana kaikki taulukon L riviä on käsitelty.

Sekvenssien viivästettynä suoritettavat osat voidaan tallettaa esimerkiksi kaksialkioiseen taulukkoon, jossa ensimmäiseen alkioon on määritetty nopeuden muutos ja toiseen alkioon aika, jonka kuluttua viivästettynä suoritettava nopeuden muutos tai muutokset lisätään nopeusohjeeseen.

Aika, jonka kuluttua umpeen muutokset suoritetaan, kuvataan luku-
na, määritellään siten, että esimerkiksi T_{SP} kuvaa taakan 8 täyttä heilahdusjak-

soa. Aina kun taulukon alkia käsitellään, lasketaan kulunutta aikaa kuvaava luku T_{step} , joka saadaan kaavasta:

$$T_{\text{step}} = D/T * T_{\text{SP}},$$

5

missä D = säätöväli (näyteväli), ja

T = edellä esitetty taakan 8 heilahdusaika

- Kun uusi sekvenssi talletetaan taulukkoon, nollataan kulunutta aikaa
- 10 T_{step} kuvaava taulukon osa. Aina taulukoiden läpikäynnin yhteydessä kulunutta aikaa T_{step} kuvaavan taulukon riviin lisätään edellä olevalla kaavalla laskettu luku, joka kuvaa näytevälin D aikana kulunutta osaa kokonaisesta taakan 8 heilahdusajasta T . Kun alkion arvo kasvaa lukuun, joka on se osa kokonaisesta heilahdusjaksosta T_{SP} , jolla talletettua nopeuden muutosta on haluttu viivastää, suoritetaan tämä nopeuden ohjaus ja nollataan nämä taulukon alkiot.
- 15

- Joissain tapauksissa, joissa talletettu sekvenssi edellyttää useampia viivästettyjä ohjauksia, nollaus tapahtuu, kun viimeinen sekvenssin osa on suoritettu. Jos käytetään kahden askeleen ohjausta, suoritetaan viivästetty nopeudenmuutos, kun kulunutta aikaa käsittelevän alkion arvo saavuttaa tai ylittää
- 20 arvon $T_{\text{SP}}/2$.

Edellä kiihtyvyydestä puhuttaessa tulee kiihtyvyys ymmärtää sekä positiivisen että negatiivisen etumerkin sisältävänä, toisin sanoen sekä sananmukaisena kiihtyvyytenä ja sille vastakkaissuuntaisena jarrutusvaikutuksena.

- 25 Edellä oleva keksinnön selitys on vain tarkoitettu havainnollistamaan keksinnön mukaista perusajatusta. Alan ammattilainen voi siten toteuttaa keksinnön usealla vaihtoehtoisella tavalla oheisten patenttivaatimusten määäämissä rajoissa.

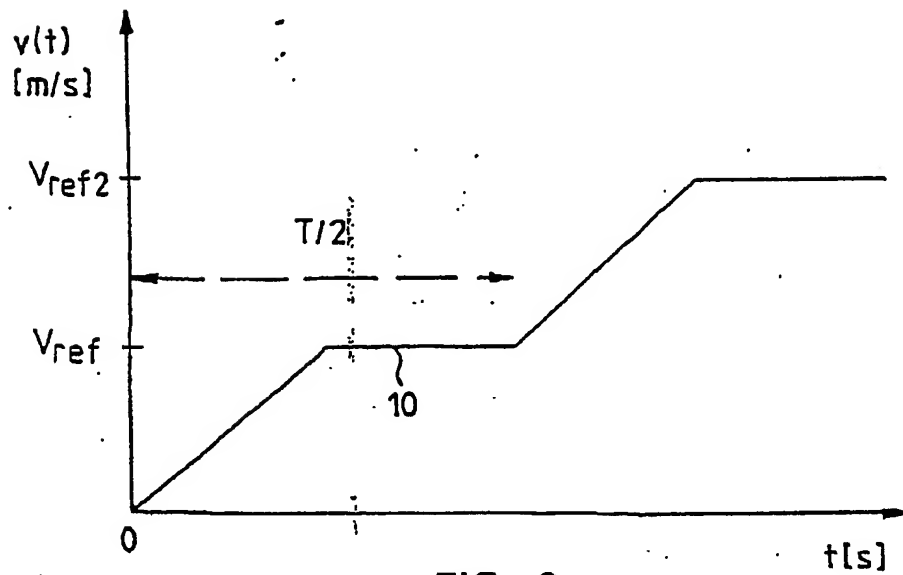
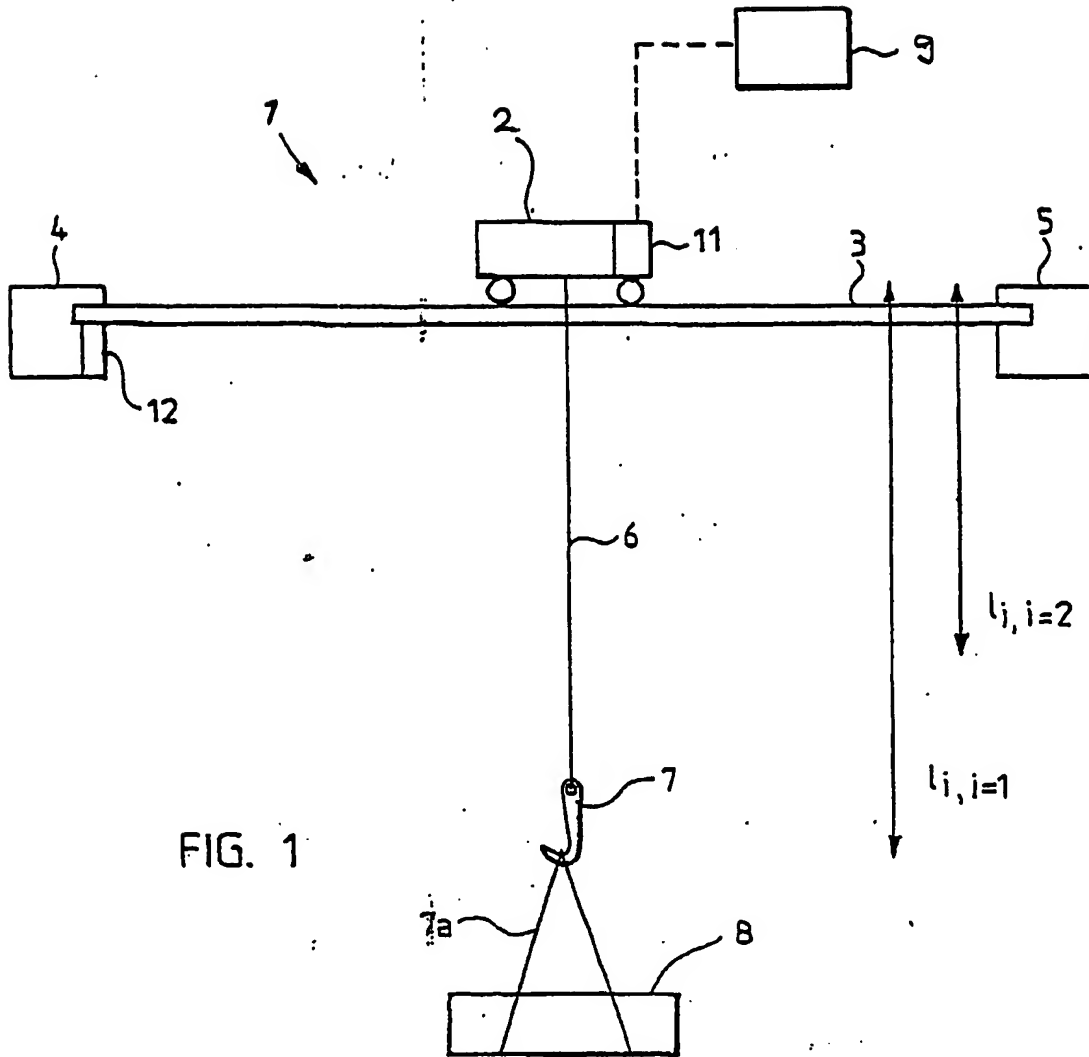
Patenttivaatimukset

1. Menetelmä nosturin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä nosturin (1) ohjausjärjestelmästä (9) annetaan nosturin käyttölaitteille (11, 12) nopeuspyyntöjä ohjaussekvensseinä (10) ja nopeuspyynnöt (V_{ref}) luetaan ja talletetaan ohjausjärjestelmään, jolloin
 - 5 kutakin nopeuspyyntöä (V_{ref}) verrataan edelliseen nopeuspyyntöön ja nopeuspyynnön ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyssekvenssi vastaavalle nopeuden muutokselle, minkä jälkeen nopeuspyynnön muuttumisesta riippumatta
 - 10 summataan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa (dV) aikaisempaan nopeuspyyntöön uuden nopeuspyynnön (V_{ref2}) aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin käyttölaitteille (11, 12) uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynnöksi, ja jolloin
 - 15 summattujen kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kunkin sekvenssin määrittämisellä kullakin ohjelmakierroksella eli säätöväliä ja loput osat viivästettynä,
 - 20 $tunnettu$ siitä, että talletetut, viivästettynä suoritettavat sekvenssin osat luetaan ja lasketaan yhteen useammalla ohjelmakierroksella.
 2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä, $tunnettu$ siitä, että talletetut, viivästettynä suoritettavat sekvenssin osat luetaan ja lasketaan yhteen mainittua säätöväliä moninkertaisesti pidemmällä aikavälillä.
 3. Patenttivaatimuksen 1 tai 2 mukainen menetelmä, $tunnettu$ siitä, että talletettujen, viivästettynä suoritettavien sekvenssin osien luenta- ja yhteensinkronointiväli on ainakin noin 10 kertaa pidempi kuin näyteväli.
 4. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, $tunnettu$ siitä, että sekvenssien viivästettynä suoritettavat osat talletetaan kaksialkioiseen taulukkoon, jossa ensimmäiseen alkioon on määritetty nopeuden muutos ja toiseen alkioon aika, jonka kuluttua viivästettynä suoritettava
 - 30 nopeuden muutos tai muutokset lisätään nopeusohjeeseen.
 5. Jonkin edellisen patenttivaatimuksen mukainen menetelmä, $tunnettu$ siitä, että nopeuden oloarvon muutosta rajoitetaan siten, että muutos edelliseen muutokseen verrattuna voi olla korkeintaan sellainen käytetyllä säätöväliä laskettava nopeuden muutos, joka on enintään asetettu kiihtyvyyden tai hidastuvuuden maksimiarvo.

(57) Tiivistelmä

Keksintö koskee menetelmää nosturin ohjaamiseksi, jossa menetelmässä nosturin ohjausjärjestelmästä annettavia nopeuspyyntöjä (V_{ref}) verrataan edelliseen nopeuspyyntöön ja nopeuspyynnön ollessa muuttunut muodostetaan ja talletetaan kiihdytyssekvenssi vastaavalle nopeuden muutokselle, summataan talletettujen kiihdytyssekvenssien kyseisellä ajanhetkellä määräämät nopeudenmuutokset ja lisätään saatu summa (dV) aikaisempaan nopeuspyyntöön uuden nopeuspyynnön (V_{ref2}) aikaansaamiseksi, joka asetetaan nosturin käyttölaitteille (11, 12) uudeksi ohjaukseksi ja nopeuspyynnöksi, ja jolloin summattujen kiihdytyssekvenssien määräämistä nopeudenmuutoksista suoritetaan osa kunkin sekvenssin määrittymishetkellä kullakin ohjelmakierroksella eli säätöväliillä ja loput osat viivästettynä siten, että talletetut, viivästettynä suoritettavat sekvenssin osat luetaan ja lasketaan yhteen useammalla ohjelmakierroksella.

(Kuvio 3)



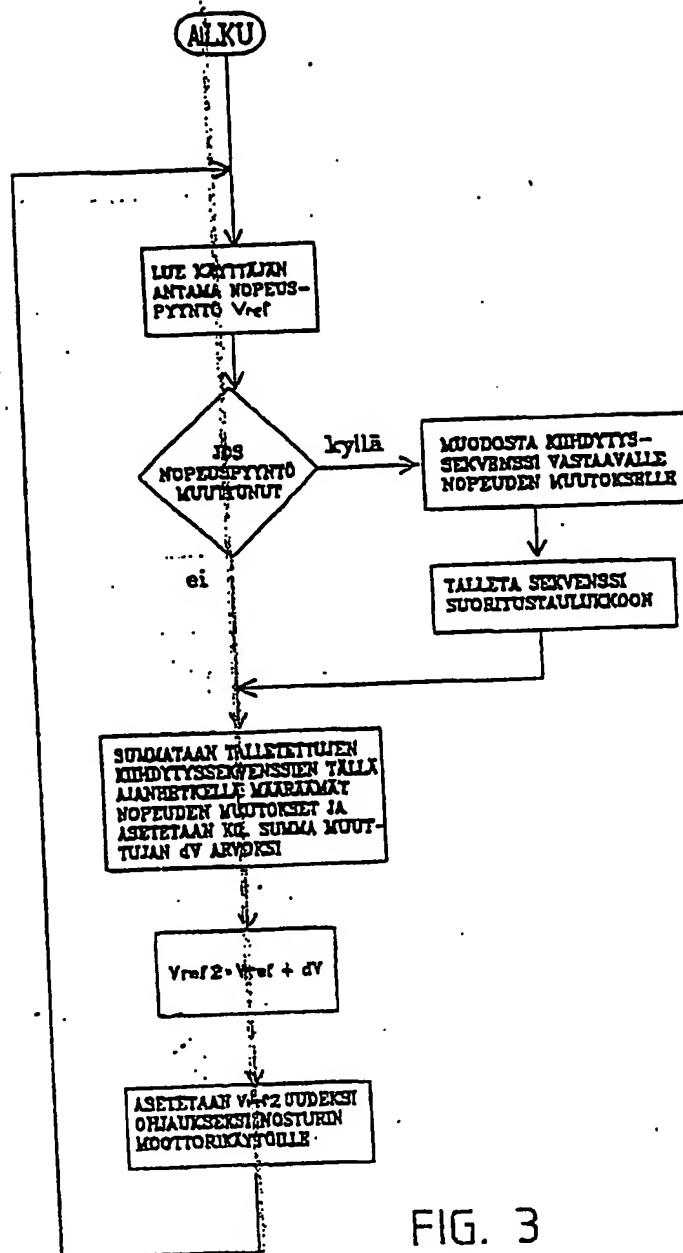


FIG. 3